

缸盖组合刀具加工工艺参数的设定与研究

于学全, 于海勃, 纪有君, 陈 仲, 吴瑞斌, 曹福乐, 燕超鹏, 芮 雪

(中国石油集团济柴动力有限公司, 山东 济南 250306)

摘 要: 为提高加工效率或获得较高的同轴度等形位公差精度, 常采用将不同加工部位的刀具组合在一起形成组合刀具, 但由于各部位加工参数不同, 导致组合刀具在设定加工参数时难以选择最佳参数, 从而出现部分加工部位粗糙度不佳、刀片磨损加剧等现象。针对该问题, 以某型缸盖所使用的组合刀具为例, 开展组合刀具设计、刀片选用、工艺参数设定等方面的研究, 提出了工艺参数设定的原则与试切原则, 从而得到相对较佳的工艺参数。

关键词: 组合刀具; 工艺参数; 缸盖

中图分类号: TK426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2018)05-0053-07

The Setting and Research of the Technological Parameters of Compound Cutters for Cylinder Heads

Yu Xuequan, Yu Haibo, Ji Youjun, Chen Zhong, Wu Ruibin, Cao Fule, Yan Chaopeng, Rui Xue

(CNPC Jichai Power Co., Ltd., Shandong Jinan 250306)

Abstract: To improve machining efficiency and obtain high machining accuracy, such as concentricity, compound cutters for varied positions are usually required. However, due to the different machining parameters, it is hard to determine the best technological parameters with the compound cutters, thus some parts may turn out to be rough or the cutter may wear abnormally. To deal with this problem, the compound cutters for a certain type of cylinder head was taken as an example to carry out research on the design of compound cutters, cutters selection, the setting of technological parameters, etc. The principles of the parameters setting and trial cutting were put forward, and relatively better parameters were obtained.

Key words: compound cutters; technological parameter; cylinder head

0 引 言

为提高加工效率或获得较高的同轴度等形位公差精度, 常常采用将不同加工部位的刀具组合在一起, 形成组合刀具, 从而获得更高的加工效率或较好的加工精度。

不同的刀具组合在一起, 由于各部位的加工参数不同, 导致组合刀具在设定加工参数时难以选择最佳参数, 从而使部分加工部位粗糙度不佳、刀片磨损加剧等。

本文通过对组合刀具的设计、刀片选用、工艺

参数设定等方面的研究, 提出工艺参数设定原则与试切原则, 从而获得最佳工艺参数。须要说明的是: 本文仅以某柴油机缸盖加工中使用到的钻倒、镗铰、镗镗及铰铰等组合刀具为例, 对常见的组合刀具工艺参数设定进行分析。

1 组合刀具加工部位及要求

缸盖加工中用到的组合刀具因其加工部位及要求的不同而各不相同。

1.1 组合刀具加工部位

1.1.1 螺孔孔口倒角及光孔孔口去毛刺

收稿日期: 2017-12-14; 修回日期: 2018-03-06

作者简介: 于学全(1971-), 男, 高级工程师, 主要研究方向为箱体类工艺加工研究与技术支持, yuxuequan_2008@163.com。

缸盖加工中,螺孔的孔口倒角和光孔的孔口去毛刺处理一般采用钻倒复合刀具。加工部位为螺孔底孔+孔口倒角、螺栓连接孔+孔口倒角 $C0.5 - 1.0$ 。部分结构对孔口倒角的大小和深度以及倒角面的粗糙度要求较为严格,如图1所示,孔口倒角须挤压胶圈产生密封作用。

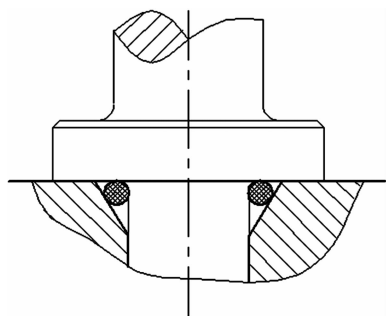


图1 孔口倒角挤压O型圈产生密封作用

1.1.2 座圈底孔和导管底孔

缸盖的座圈底孔和导管底孔加工,因其具有严格的同轴度要求和粗糙度要求 ($Ra1.6$),如图2所示,一般应采用镗镗组合刀具。由于导管底孔孔径较小,目前采用的镗铰组合刀具使工艺参数的设计更为困难。

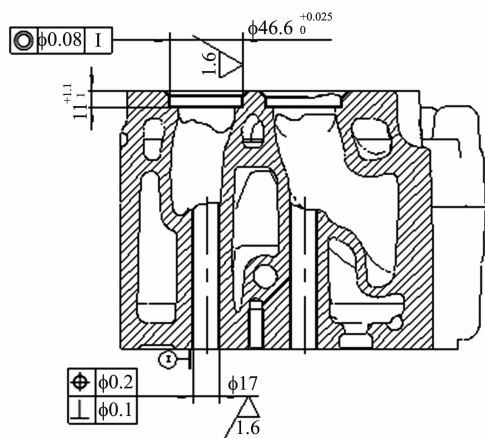


图2 座圈和导管底孔组合加工要求

1.1.3 缸盖护套孔

缸盖护套孔在精加工时,为保证不同孔径之间的同轴度(图3),采用镗镗组合刀具;但为达到图纸要求的粗糙度 $Ra0.8$,最终采用了铰铰组合刀具。

1.2 采用的组合刀具种类及目的

针对缸盖不同部位的具体加工要求,选用组合刀具的目的各不相同;同样一把组合刀具,在不同的工艺系统中的目的也各不相同。如钻倒组合刀具,在以专用机床组成的生产线中其设计目的是为减少机床的数量;而在以加工中心等数控机床组成

的柔性系统中其设计目的是为减少机床空行程以提高加工效率。

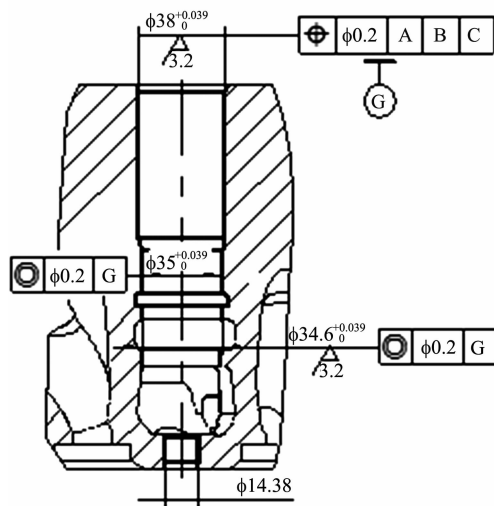


图3 护套孔各密封带间的加工要求

本例中的缸盖加工以加工中心为主,组成柔性生产线,可减少换刀次数,缩短空行程时间,以提高加工效率。

对于形位公差要求较严格的座圈孔、导管底孔和护套孔,采用组合刀具的目的是确保其形位公差符合图纸要求。

本例缸盖加工中加工部位、组合刀具型式及选用目的见表1。

表1 缸盖加工部位与组合刀具型式

序号	加工部位	刀具型式	目的	备注
1	螺纹孔	钻、倒	提高加工效率	效率
2	螺栓孔	镗、倒	保证尺寸公差	质量
3	座圈孔 导管孔	镗、铰	保证形位公差同轴度	
4	护套孔	铰、铰	保证粗糙度	

2 组合刀具的型式、作用及易出现的问题

选用何种组合刀具型式,是由其设计目的和所起的作用决定的;在加工过程中由于参数设定不当,出现的问题也各不相同。

2.1 组合刀具型式

2.1.1 钻倒复合刀具

缸盖螺纹孔及螺栓孔所使用的钻倒复合刀具,从型式和结构上均有所不同。螺纹孔对钻孔深度和

倒角大小有要求; 而螺栓孔的孔口倒角作用仅仅为去毛刺, 对大小和深度的要求并非格外严格。

按加工方式划分: 钻倒组合刀具可分为与基本孔复合的阶梯钻和与中心钻复合的阶梯钻 (图 4)。

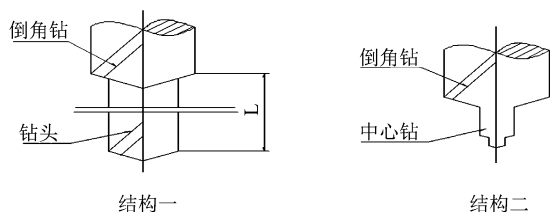


图 4 钻倒组合刀具结构示意图

按材料划分: 钻倒组合刀具可分为由高速钢制成的整体阶梯钻和安装可转位刀片的阶梯钻。

图 5 为 KENAMETAL 开发的钻孔和倒角组合刀具, 通过调整钻头外露部分的长短实现钻孔深度的改变; 更换不同角度的倒角环可以实现倒角角度和大小的调整。

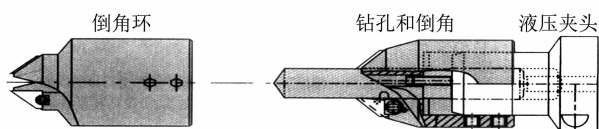


图 5 钻倒组合刀具结构示意图

本例中的缸盖孔口倒角组合刀具, 从减少刀具种类、减少资金投入和保证加工质量考虑, 大部分螺孔孔口倒角加工采用的是与中心定位钻复合的整体阶梯钻; 螺栓孔口倒角加工采用钻头 + 倒角环型式。

2.1.2 镗倒组合刀具

采用镗倒组合刀具加工的孔对孔径和倒角的深度具有较高要求。护套孔孔径由 $\Phi 38$ 过渡至 $\Phi 35$ 时出现 60° 的连接倒角, 对其进行半精加工时, 采用镗倒复合刀具可以有效控制倒角深度, 如图 6 所示。

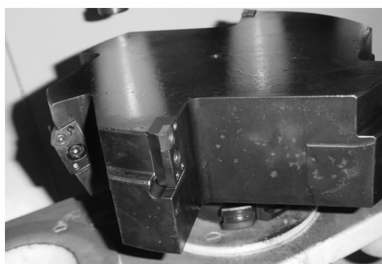


图 6 镗刀盘复合倒角实例

镗倒复合刀具一般采用可转位刀片 + 刀夹作为镗削单元。如图 7 所示为半精加工座圈孔孔径时对孔口倒角进行复合加工。如此, 既可以有效控制镗

孔和倒角深度, 又能获得较高的倒角面粗糙度。

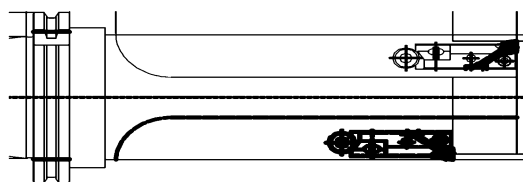


图 7 镗倒组合刀具示意图

2.1.3 镗铰组合刀具

缸盖护套孔各结构部位间具有同轴度要求, 采用镗铰组合刀具, 可减少机床重复定位误差对同轴度的影响。

刀体模块 (精加工) 一般采用微调的硬质合金可转位刀体模块。调整范围: 直径方向 $\pm (1.0 \sim 2.5)$; 调整精度: 0.02 。

2.1.4 铰铰组合刀具

为获得护套孔密封部位的表面粗糙度 ($Ra1.6$), 确保密封效果, 护套孔最终采用铰铰组合刀具进行加工。

为降低刀的加工难度要求 (铰削直径) 和使用费用, 铰铰组合刀具一般采用单刃可转位刀片的铰刀型式。铰削刀的材质一般为硬质合金; 通过对垫刀片的微调, 可在 $0.010 \sim 0.05$ 之间对加工孔径进行微调。但须试切确定工件尺寸。

2.1.5 镗铰组合刀具

缸盖的座圈底孔和导管底孔具有严格的同轴度要求和粗糙度要求 ($Ra1.6$), 一般采用镗铰组合刀具。由于导管底孔孔径较小, 镗刀单元无法做到较小尺寸, 因此只能采用镗铰组合刀具。座圈孔采用镗刀单元, 导管孔采用长条铰刀单元。该组合刀具为 MAPAL 公司制造, 同时具有镗削和铰削单元。

2.2 组合刀具的影响参数及易出现的问题

组合刀具由于加工方式、加工内容、公差要求等因素, 在加工过程中加工参数所起到的作用也各不相同。加工参数选择不当会产生相应问题, 如刀具急剧磨损、尺寸超差、粗糙度不足等。

本例缸盖加工所使用的组合刀具及影响参数和导致的问题汇总如表 2 所示。

3 组合刀具加工参数的设定方法

3.1 影响加工参数设定的因素

对于特定的组合刀具而言, 工艺系统所包含的工件加工部位、刀具、机床及加工方式等均为确定的, 而通常所述的加工参数, 如切削深度 a_p 、每

转进给量 f_p 及切削速度 v_c ，依据相关的工具手册能查到对应的确定值。

加工程序编制过程中对加工参数仅能设定机床转速 S ($r \cdot \min^{-1}$) 和每分钟进给量 F ($\text{mm} \cdot \min^{-1}$)，两者与切削速度 v_c 和每转进给量 f_p 之间的关系：

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} \quad (1)$$

$$F = S f_p \quad (2)$$

由式 (1) 可知：转速 S 与切削速度 v_c (定

值) 和刀具直径 d 有关，转速 S 与刀具的直径 d 成反比关系。由式 (2) 可知：进给量 F 与转速 S 和每转进给量有关，进给量 F 与转速 S 成正比，即与刀具的直径 d 成反比。即：刀具直径越大，转速 S 和进给量 F 越小。

不同的刀具具有不同的加工方式，不同的加工方式对转速和进给量的要求不同。如：铤削需低转速、低进给量，铰削需低转速、大进给量，镗削需高转速、中进给量等。参数选择不当会出现相应的加工问题，如粗糙度不佳、刀具磨损加剧、颤刀等。

表 2 缸盖加工所使用的组合刀具汇总

类别	刀具型式			应用场合	“矛盾”参数及易出现的问题			
	刀具型式	刀体	刀片		加工方式	转速	进给量	易出现的问题
钻倒复合	钻头 + 倒角	整体高速钢阶梯钻		孔径与孔深均为定值，典型：螺纹孔	★		★	由于倒角部分的切削宽度随刀具的进给逐步加宽，刀片所承受的切削力逐步加大。采用低进给量，则钻削加工效率低下，钻尖磨损加快；采用高进给量，则倒角会出现颤刀，加速倒角铤刀磨损。
	中心钻 + 倒角	整体高速钢阶梯钻		孔径和孔深均为不定值，如：小孔径螺栓孔				
	钻头 + 倒角环	钻头	倒角环 + 可转位刀片	孔径定值，孔深可变：螺栓孔、导管孔预钻				
镗倒复合	镗刀 + 倒角刀	镗刀体	可转位刀片	对倒角的深度与角度有严格要求：缸盖气门座圈粗镗。				
镗镗复合	单刃 (镗刀 + 镗刀)	镗刀体	可转位刀片	同轴度要求：护套孔精镗，座圈孔半精镗		★		采用相同的转速，则各镗削部位刀片的线速度各不相同，如果孔径相差较大，易造成部分刀片的线速度过大或过小，均会造成刀片的异常磨损。
铰铰复合	单刃 (铰刀 + 铰刀)	微调刀体	长铰刀刃	护套孔精加工				
镗铰复合	单刃镗刀 + 四刃铰刀	镗刀体	可转位刀片 (镗刀)	座圈孔与导管孔联合精加工	★	★	★	采用低转速，则镗削加工效率低下，刀尖磨损加快；采用高转速，则铰刀会因线速度过大而损坏。采用大进给量，镗削无法进行加工；采用小进给量，铰削刀刃磨损加剧，孔径变大，超差。
			焊接刀片 (铰刀)					

3.2 钻倒 (镗倒) 组合刀具加工参数设定

钻倒 (镗倒) 组合刀具从加工方式上由钻削和倒角 (铤削) 两部分组成。其钻削 (镗削) 和倒角 (铤削) 部分直径差值不大，对其进行加工参数的设定一般不考虑工件加工直径的影响，仅从各自加工方式的特点来分析。

3.2.1 钻倒 (镗倒) 组合刀具中钻削 (镗削) 参数设定

具体针对某型缸盖加工钻倒组合刀具中钻削部分的加工参数进行设定。螺纹底孔加工为钻削，依据各选择因素，通过工具手册查得：切削速度 $v_c = 18$ ($\text{m} \cdot \min^{-1}$)，每转进给量 $f_p = 0.26$ ($\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$)，则机床转速 S 和进给量 F 为：

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 18}{\pi \times 17} = 337.20 \text{ (r} \cdot \min^{-1}\text{)}$$

设定机床转速 $S = 350$ ($\text{r} \cdot \min^{-1}$)，则

$$F = S f_p = 350 \times 0.26 = 91 \text{ (mm} \cdot \min^{-1}\text{)}$$

如此，钻削部分加工参数设定为： $S = 350$ ($\text{r} \cdot \min^{-1}$)、 $F = 90$ ($\text{mm} \cdot \min^{-1}$)。

3.2.2 钻倒 (镗倒) 组合刀具中铤削参数设定

在倒角铤削参数选择时，因没有严格的资料可以借鉴，将其借代为中心孔加工工艺中铤钻倒角状况，并以此进行切削参数选择。通过工具手册查得： $v_c = 18$ ($\text{m} \cdot \min^{-1}$)，每转进给量 $f_p = 0.08$ ($\text{mm} \cdot \text{r}^{-1}$)，则机床转速 S 和进给量 F 为：

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 18}{\pi \times 17} = 337.20 \text{ (r} \cdot \min^{-1}\text{)}$$

设定机床转速 $S = 350$ ($\text{r} \cdot \min^{-1}$)，则

$$F = S f_p = 350 \times 0.08 = 28 \text{ (mm} \cdot \min^{-1}\text{)}$$

如此，铤削部分加工参数设定为： $S = 350$ ($\text{r} \cdot \min^{-1}$)、 $F = 30$ ($\text{mm} \cdot \min^{-1}$)。

3.2.3 钻倒 (镗倒) 组合刀具切削参数设定方法

通过以上分析可以看出:钻倒组合刀具参数设定的主要矛盾集中在两者的进给量 F 差别较大,如表3所示。

表3 钻倒组合刀具各部加工参数设定

加工方式	钻削	铤削	差值
转速 $S/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	350	350	0
进给量 $F/(\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$	90	30	60

钻倒(铤倒)复合加工,钻削(铤削)和铤削间仅有小部分行程重合,因此在进行加工参数设定时,可以考虑采用分段设定进给量 F 的方式解决两者之间的矛盾,即钻削(铤削)时采用较大进给量,铤削开始时采用较小的进给量。

3.3 铤铤(铤铤)组合刀具加工参数设定

铤铤组合刀具和铤铤组合刀具都是在同把刀具上,其各部加工方式一致,所选用的刀片材料为硬质合金,相关资料显示刀具的切削速度 v_c 是相同的,因此对其进行加工参数设定须考虑工件加工直径对加工参数的影响。以铤铤复合刀具为例对两种刀具的加工参数进行分析。

3.3.1 铤铤组合刀具中铤削参数设定

缸盖护套孔加工时,最大直径为 $\Phi 38$,最小直径为 $\Phi 14.38$ 。通过工具手册查得:切削速度 $v_c = 50 \sim 70 (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$,每转进给量 $f_p = 0.08 \sim 0.25 (\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$,采用极限设定来计算机床转速 S 和进给量 F 。

(1) 转速 S 范围

加工最大直径 $\Phi 38$ 处:

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times (50 \sim 70)}{\pi \times 38} = (419 \sim 586) (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$$

加工最小直径 $\Phi 14.38$ 处:

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times (50 \sim 70)}{\pi \times 14.38} = (1\,107 \sim 1\,550) (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$$

(2) 进给量 F 范围

加工最大直径 $\Phi 38$ 处:

$$F_{\text{MAX}} = S_{\text{MAX}} f_{p(\text{MAX})} = 586 \times 0.25 = 146.5 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

$$F_{\text{MIN}} = S_{\text{MIN}} f_{p(\text{MIN})} = 419 \times 0.08 = 33.44 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

加工最小直径 $\Phi 14.38$ 处:

$$F_{\text{MAX}} = S_{\text{MAX}} f_{p(\text{MAX})} = 1\,550 \times 0.25 = 387 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

$$F_{\text{MIN}} = S_{\text{MIN}} f_{p(\text{MIN})} = 1\,107 \times 0.08 = 88.56 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

$\text{min}^{-1})$

3.3.2 铤铤组合刀具切削参数设定

铤铤复合刀具在进行加工参数设定时,主要矛盾集中在两者之间的转速 S 范围相差较大,进给量 F 有重合部分。

对铤削加工而言,除了考虑加工效率以外,还须考虑工件的表面粗糙度。一般采用较高转速 S 、较低的每转进给量来实现两者间的平衡。因此,铤铤组合刀具的加工参数设定,通常采用加工进给量重合部分的中间值作为最终设定的进给量来反推机床的转速,以实现各部位加工间的平衡。

如本例进给量 F 的重合部分在 $88.56 \sim 146.5 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$ 之间,取其中值 $F = 100 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$;每转进给量 f_p 取较低值(近似中值偏下), $f_p = 0.15 (\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$,反推转速 S :

$$S = \frac{F}{f_p} = \frac{100}{0.15} = 666 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$$

以上确定加工参数的方法同样适用铤铤组合刀具,鉴于铤削加工方式进给量过大易降低表面粗糙度,建议设定进给量时取中间偏下值。

3.4 铤铤组合刀具加工参数设定

缸盖座圈孔和导管底孔之间的精加工刀具采用铤铤组合刀具,其加工方式由铤削和铤削组成,加工方式各不相同,两者加工直径差值较大,对其进行加工参数设定时须同时考虑加工直径和加工方式两方面的影响。

3.4.1 铤铤复合刀具中铤削参数设定

缸盖座圈孔的孔径为 $\Phi 46.31$,加工方式为铤削,刀具材料为硬质合金。通过工具手册查得:切削速度 $v_c = 50 \sim 70 (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$,每转进给量 $f_p = 0.08 \sim 0.25 (\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$,选定中间值计算机床转速 S 和进给量 F :

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 60}{\pi \times 46.31} = 412.62 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$$

取值: $S = 450 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$;

$$F = S f_p = 450 \times 0.15 = 67.5 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$$

取值: $F = 60 (\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$ 。

3.4.2 铤铤组合刀具中铤削参数设定

缸盖导管底孔的直径为 $\Phi 14.38$,依据各选择因素,通过工具手册查得:切削速度 $v_c \leq 10 (\text{m} \cdot \text{min}^{-1})$,每转进给量 $f_p = 0.5 \sim 1 (\text{mm} \cdot \text{r}^{-1})$,采用极限设定来计算机床转速 S 和进给量 F :

$$S = \frac{1\,000\,v_c}{\pi d} = \frac{1\,000 \times 10}{\pi \times 14.38} = 221.468 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$$

取值: $S = 200 (\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$;

$$F = S f_p = 200 \times 0.5 = 100 \text{ (mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$$

取值 $F = 100 \text{ (mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$ 。

3.4.3 镗铰复合刀具切削参数设定

为得到较小的表面粗糙度,减少切削热及变形,降低铰刀的磨损,铰削加工时选用较小的切削速度。切削速度与机床转速成正比,因此选用铰削机床转速 $S = 200 \text{ (r} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$ 作为刀具的转速。

刀具转速 S 的降低,降低了镗削加工时的切削速度,为得到较好的表面粗糙度,进给量只能选择较小值 $F = 60 \text{ (mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$ 。

4 组合刀具工艺验证

以上计算分析获得的机床转速和进给量均为理论值,受刀具各部结构、工件结构特性及工艺系统刚性等因素影响,所设定的加工参数值可能出现偏差,须在正式加工前进行试切试验。并对加工参数进行小范围微调,其限值为 $\pm 10\%$ 。设计验证方案时,采用 3×3 正交法。

加工参数设定是否合格的评价指标为:刀具的耐用度 T 和表面粗糙度 Ra 。而刀具耐用度的主要评价标准为加工尺寸是否在允差范围内。试切试验刀具耐用值 T 的取值以在保证所加工部位的粗糙度完全符合图纸要求,或所加工的孔径尺寸接近公差 $2/3$ 时的总加工时间为准。

试验结果如表4所示。试验效果与理论设定值差异较大处为:钻铰组合刀具和镗铰组合刀具的倒角刀片磨损较快,使其实际耐用度 T 低于设定值较多,差异偏离率超过 10% 。

经查:导致上述问题的原因为操作人员在设定加工参数时未进行分段设定,即钻铰、镗铰采用统一的切削参数。分段设定后重新试验,基本能符合刀片所赋予的最大耐用度 T 。

试验中镗铰组合刀具的设定耐用度低于实际耐

用度。原因为在进行加工参数设定时,转速取值为各部刀具转速范围的中间值,为照顾工件粗糙度要求选取的每转进给量较低所致。调整理论计算时的取值,选择转速范围的 $2/3$ 处,以获得较高的加工效率。

5 组合刀具加工参数设定的改进建议

对于部分刀具而言,按常规方式无法满足对加工参数的精确设定,其各部加工参数之间具有难以协调的矛盾,可以通过非常规设计或其他手段来避免,在加工质量(主要是表面粗糙度)和加工效率之间折中。具体建议如下。

(1) 同把组合刀具尽量采用相同的加工方式。不同的加工方式,刀具的切削速度 v_c 和每转进给量相差较大,甚至会有几倍,其转速和进给量难以调和。因此,在条件允许的情况下,同把刀具尽量选用相同的加工方式。

(2) 工件直径相差较大时,尽量避免出现各部同时加工,以便分别设定加工参数。当同把刀具加工的各部直径相差较大时其加工参数将无法兼顾。只能依据表面粗糙度及加工效率综合考虑选定近似值。工件孔径相差倍数不超过 1.5 倍时不会影响加工参数的设定。当孔径相差超过 1.5 倍时,刀具设计应尽量避免同时加工,分别依据其各自的加工参数分段设定。

如上述护套孔的镗铰组合刀具,加工孔径 $\Phi 38$ 和 $\Phi 14.38$,相差倍数为 2.64 ,大于 1.5 倍,须避免刀具同时加工,即先加工 $\Phi 14.38$ 孔,设定参数: $S = 1200 \text{ (r} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$, $F = 240 \text{ (mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$;再加工 $\Phi 38$ 孔,设定参数: $S = 500 \text{ (r} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$, $F = 75 \text{ (mm} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$ 。

(3) 同把组合刀具无法实现加工方式统一时,尽量避免出现各部同时加工,以便分别设定加工参数。

表4 复合刀具工艺试验结果

类别	评价的主要侧重点			刀具型式			试验效果与偏离率	
加工方法	耐用度 T/min	粗糙度 Ra	易出现的问题	刀具转速 $S/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	进给量 $F/(\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$	耐用度设定值 T/min	耐用度 T/min	偏离率
钻铰复合	★		倒角刀片过度磨损,粗糙度和尺寸偏差	(钻) 350	90	150	钻 174/倒 93	+5% / -33%
				(倒) 350	30		147	-2%
镗铰复合	★			(镗) 350	90	120	镗 132/倒 107	+10% / -10.8%
				(倒) 350	30		124	+3%
镗铰复合	★	★	较大直径处刀片线速度加剧磨损	600	100	120	147	+22.5%
铰铰复合		★		100	100	180	178	-1.1%
镗铰复合	★			200	60	(镗) 120	132	+10%
		★				(铰) 180	174	-3.3%

如上述分析的镗铰复合刀具，其转速和进给量同样无法调和，在条件允许的情况下也实行分段加工、分段设定加工参数。如工件结构限制无法实现分段加工，则可以考虑不同部位使用不同的刀片材质，借用不同材质的刀片其允许的切削速度 v_c 差值实现近似的转速 S 和进给量 F 。但可能因刀片的耐用度 T 不同，导致刀片更换频次增加。

6 结 语

随着数控设备、加工中心在生产现场的大量采用，单位时间的生产成本急剧增加。单位时间内完成更多的产品加工及尽可能提高工序的加工效率的需求，导致组合刀具在生产现场大量应用。

组合刀具本身具有的特点导致其加工参数的设定有局限性，对细节问题加以研究是获得更高生产效率的有效途径。

本文仅以现有刀具使用过程中出现的问题进行理论分析。在进行工艺设计时，须根据现有的设备情况和工艺习惯及加工件的具体情况和技术要求，

确定具体的刀具设定方案，并对选定的工艺方案进行验证，力求在获得较好的加工质量的同时提高加工效率。

参考文献

[1] 许祥泰, 刘艳芳. 数控加工编程实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

[2] 沙杰. 加工中心结构、调试与维护 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[3] 赵如福. 金属机械加工工艺人员手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1983.

[4] 程辉, 王大庆. 刀具安装偏差引起的径向尺寸误差及补偿的研究 [J]. 制造技术与机床, 2013 (3): 26-28.

[5] 盛晓敏. 先进制造技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[6] 蔡复之. 实用数控加工技术 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1995.

[7] 梁炳文. 机械加工工艺与窍门 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.

2019 年广告开始征订

版位	尺寸	颜色	定价
封面	205 × 226 (去刊头)	彩色	8000 元/版
封二	210 × 297	彩色	6000 元/版
封三	210 × 297	彩色	4000 元/版
封底	210 × 270 (去条形码)	彩色	5000 元/版
首插页	210 × 297	彩色	5000 元/版
插页	210 × 297	彩色	4000 元/版

《柴油机》编辑部

地址: 上海市华宁路 3111 号 邮编: 201108

电话: 021-31310201, 021-31310204

传真: 021-51711700

E-mail: diesengine@sina.com